Geometrická optika

Optické soustavy a optická zobrazení

Přímé vidění - paprsek od zobrazovaného předmětu dopadne přímo do oka

Optická soustava - soustava optických prostředí a jejich rozhraní, která mění chod paprsků

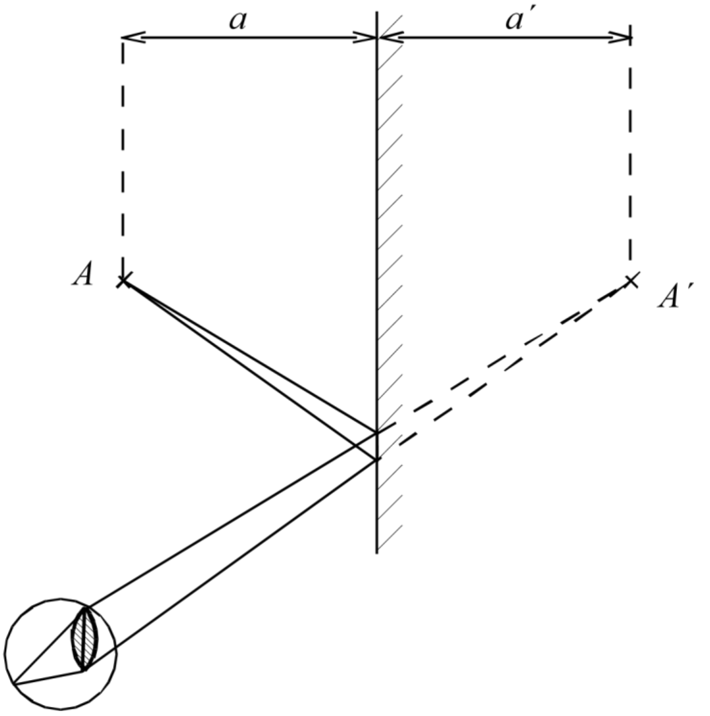
Optické zobrazení - postup, kterým získáváme optické obrazy bodů a předmětů

Skutečný obraz - optická soustava vytváří sbíhavý svazek paprsků, jejich průsečíkem prochází světelná energie ⇒ možno zachytit obraz na stínítku.

Neskutečný obraz - opt. soustava vytváří rozbíhavý paprsek, paprsky jsou zobrazeny až okem na sítnici, pozorovatel pozoruje neskut. obraz – zdá se mu, jako kdyby paprsky vycházely z bodu, který je průsečíkem přímek vedených v opač. směru než je chod paprsků před jejich vstupem do oka. Zdánlivý obraz nelze zachytit na stínítko – neprochází jeho body světelná energie.

Zobrazení rovinným zrcadlem

- zobrazení odrazem (platí zákon odrazu)



Zrcadlo- cínový amalgam na zadní stěně skleněné desky

Obraz: vždy neskutečný, přímý, stejně veliký jako předmět, souměrný s předmětem podle roviny zrcadla, stranově převrácený

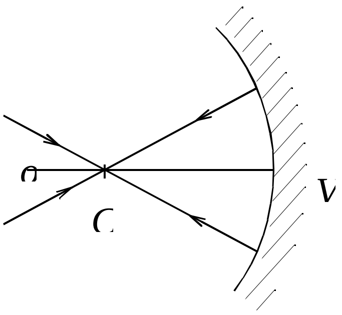
Zobrazení kulovým zrcadlem

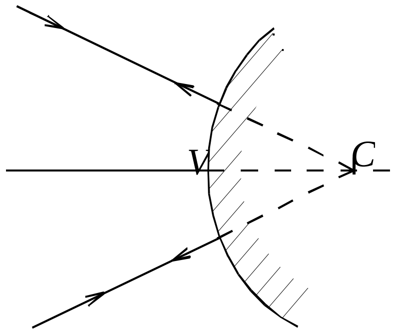
dutě zrcadlo - odraz uvnitř kulové plochy

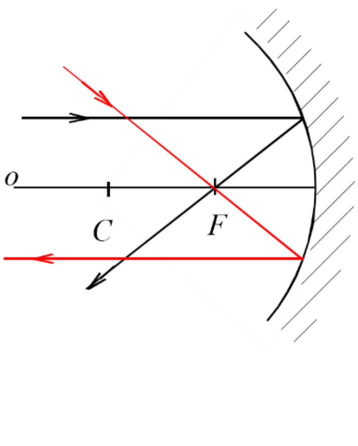
vypuklé zrcadlo - odraz vně kulové plochy

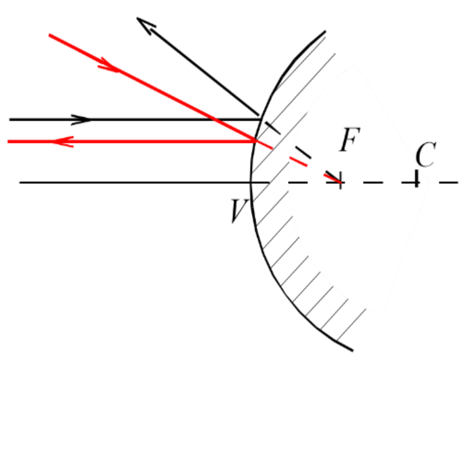
střed optické plochy zrcadla … *C*
optická osa … přímka procházející bodem *C*
vrchol … *V* - průsečík optické osy a kulové plochy
poloměr křivosti *r* … vzdálenost *CV*
ohnisko F….střed úsečky CV
ohnisková vzdálenost *f* … vzdálenost ohniska od vrcholu zrcadla $f = \frac{r}{2}$

paraxiální paprsky - paprsky blízko opt. osy, tvoří tzv. paraxiální prostor
Význačné paprsky a jejich odrazy:
1) Paprsky procházející středem zrcadla se odrážejí zpět do středu.
2) Paprsky procházející ohniskem se odráží rovnoběžně s optickou osou
3) Paprsky rovnoběžné s optickou osou se odráží do ohniska

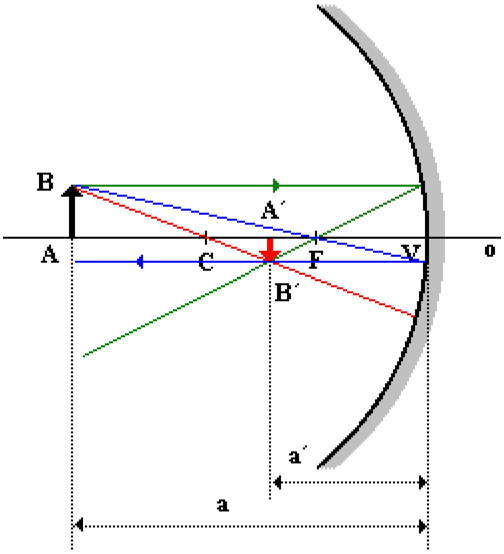


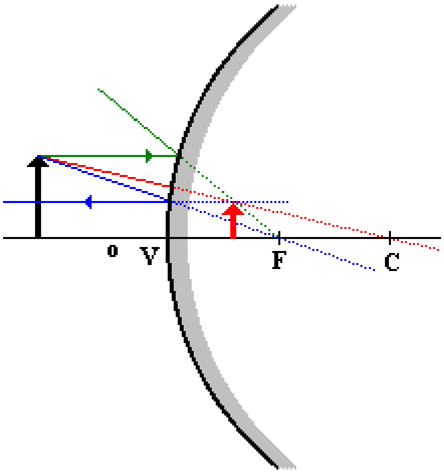






Zobrazovací rovnice kulového zrcadla





a = vzdálenost předmětu od vrcholu zrcadla, a'= vzdálenost obrazu od vrcholu zrcadla

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{a'} = \frac{1}{f}$$

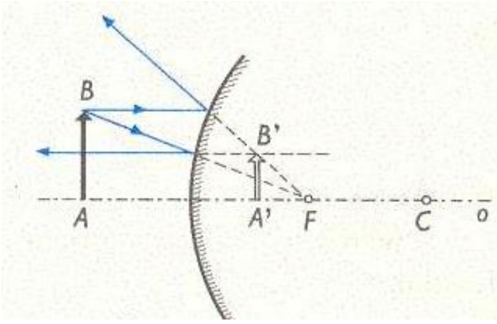
Znaménková konvence

a, a', r, f se znaménkem + před zrcadlem
se znaménkem – za zrcadlem

je-li $a' > 0$ … obraz je skutečný
$a' < 0$ … obraz je neskutečný

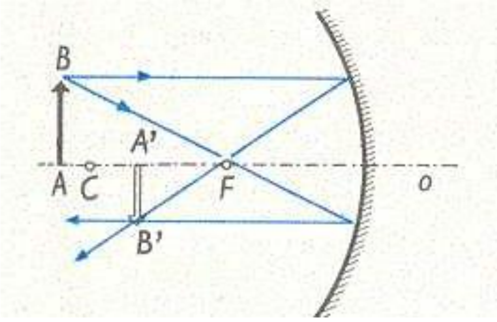
Zobrazení předmětu

1. vypuklé zrcadlo:



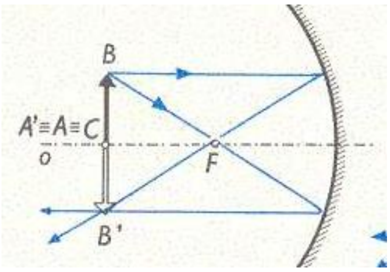
- nezáleží na poloze předmětu před zrcadlem
- obraz vždy:
  - zmenšený
  - neskutečný, vzpřímený

2. duté zrcadlo:

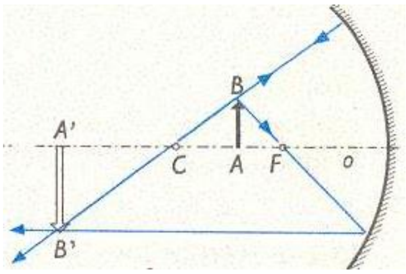


- závisí na poloze předmětu
- předmět ve vzdálenosti větší než 2f:
  - obraz:
    - zmenšený
    - skutečný, převrácený

- předmět ve vzdálenosti rovné 2f:
    - obraz:
        - stejně velký
        - skutečný, převrácený

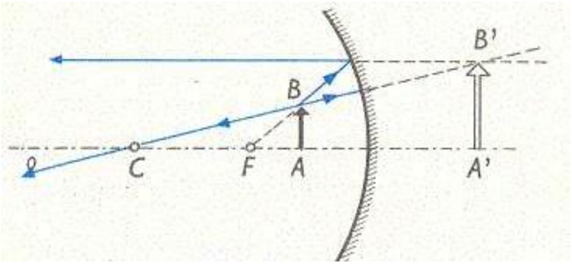


- předmět mezi ohniskem a středem křivosti:
    - obraz:
        - zvětšený
        - skutečný, převrácený



- předmět ve vzdálenosti rovné f
    - obraz nevznikne

- předmět ve vzdálenosti menší než f
    - obraz
        - zvětšený
        - neskutečný, vzpřímený

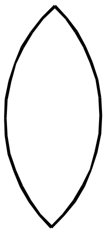


Zobrazení čočkou

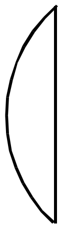
Čočky: spojné (uprostřed nejširší) – konvexní
rozptylné (uprostřed nejužší) – konkávní

Spojky:

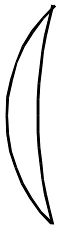
značka



dvojvypuklá

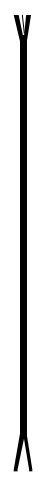


ploskovypuklá

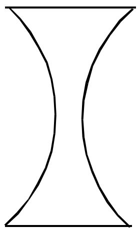


dutovypuklá

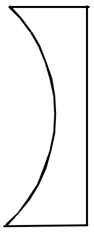
Rozptylky:



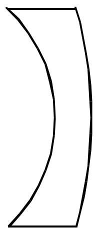
Značka



dvojdutá



ploskodutá



vypuklodutá

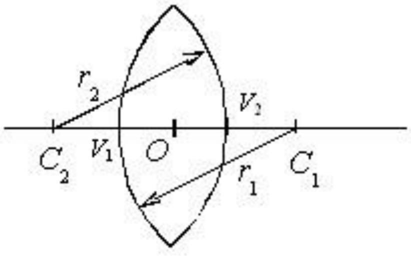
Důležité pojmy:

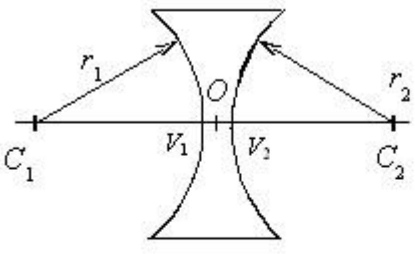
Středy optických ploch … C_1, C_2

Poloměry křivosti opt. ploch … r_1, r_2

Optická osa … spojnice C_1C_2

Vrcholy … V_1, V_2 (u tenké čočky V_1, V_2 splývají v O –optický střed)





Prostor předmětový … prostor, ze kterého světlo vstupuje do čočky
Prostor obrazový … prostor, do kterého světlo vystupuje po průchodu čočkou

Obrazové ohnisko F' … obraz osového bodu, který leží v ∞ v předmětovém prostoru

Předmětové ohnisko F … má obraz na opt. ose v obrazovém prostoru v ∞

Obrazová ohnisková vzdálenost … $|F'O| = f'$

Předmětová ohnisková vzdálenost … $|FO| = f$

Je-li před i za čočkou stejné prostředí $\Rightarrow$ $f = f'$

<u>Ohnisková vzdálenost tenké čočky:</u>

$$\frac{1}{f} = \left(\frac{n_2}{n_1} - 1\right)\left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}\right)$$

n_2 index lomu čočky
n_1 index lomu prostředí
r_1, r_2 … poloměry křivosti optických ploch

Znaménková konvence: r_1, r_2 … kladné pro vypuklé plochy, záporné pro duté

Je-li $n_2 > n_1$, pak pro spojky je $f > 0$ a pro rozptylky $f < 0$

— —

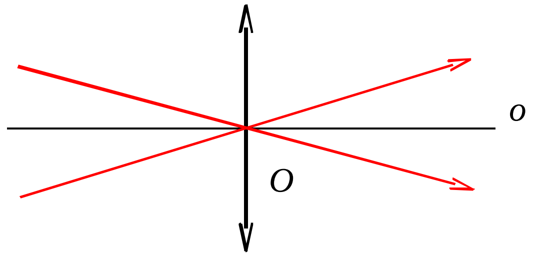
<u>Optická mohutnost</u>

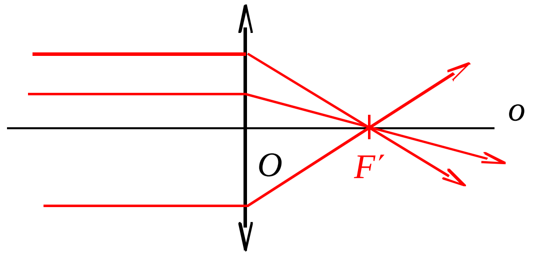
$$\varphi = \frac{1}{f} \qquad [\varphi] = m^{-1} = D$$

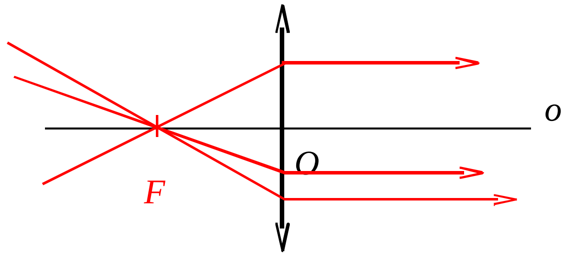
D….dioptrie

Význačné paprsky: paprsek procházející středem, paprsek rovnoběžný s optickou osou, paprsek procházející ohniskem.

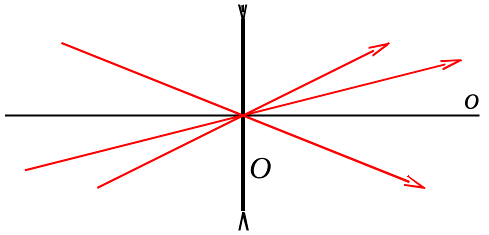
Lom význačných paprsků spojkou:

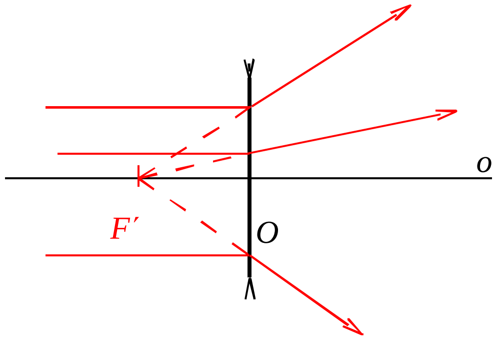


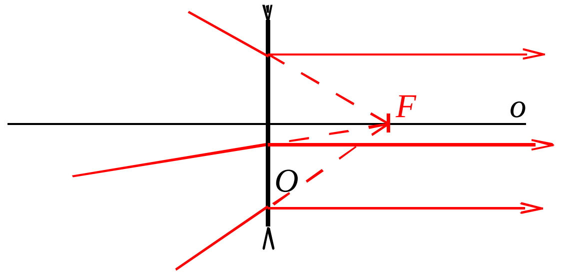




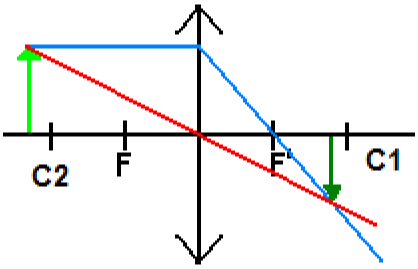
Lom význačných paprsků rozptylkou:



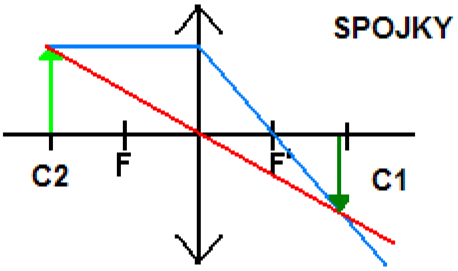




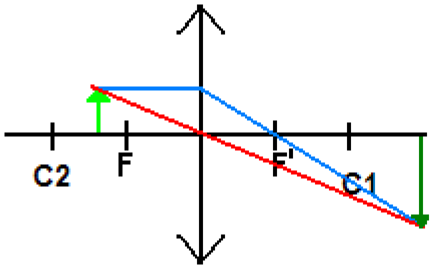
Zobrazení čočkami:



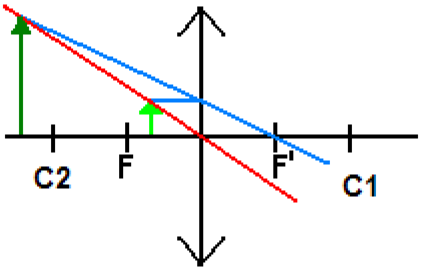
skutečný, převrácený, zmenšený



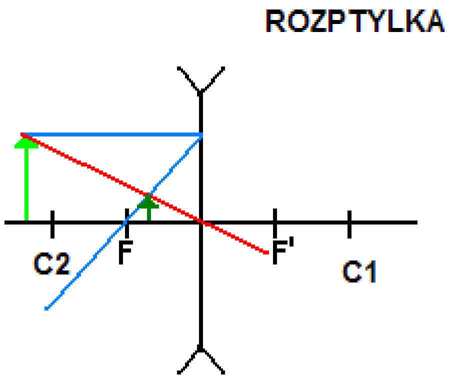
skutečný, převrácený, stejně velký



skutečný, převrácený, zvětšený



zdánlivý, přímý, zvětšený



zdánlivý, přímý, zmenšený **- vždy stejné**

Zobrazovací rovnice pro čočky:

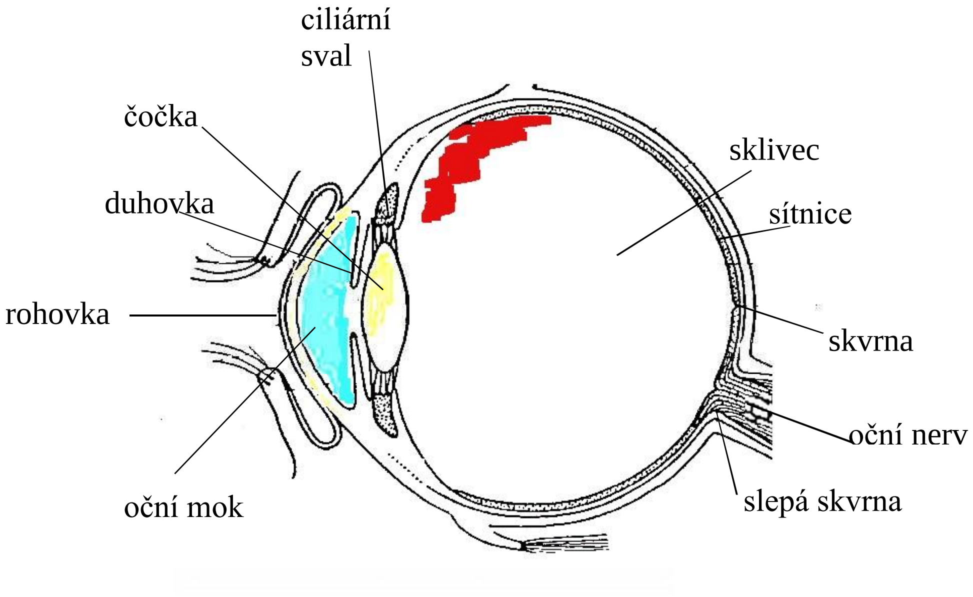
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{a'}$$

Znaménková konvence:

- je-li předmět v prostoru předmětovém je *a* se zn. +
- je-li předmět v prostoru obrazovém je *a* se zn. –
- je-li obraz v prostoru obrazovém je *a´* se zn. +
- je-li obraz v prostoru předmětovém je *a´* se zn. –
- pro spojky je *f* se zn. +, pro rozptylky je *f* se zn. –

Oko

- vytváří skutečný, zmenšený, převrácený obraz



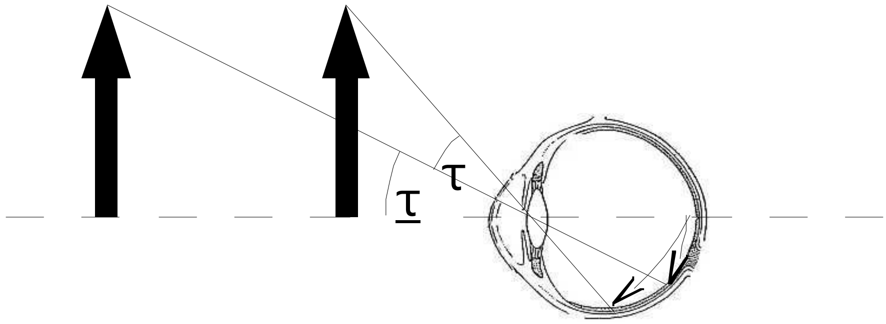
žlutá

- čočka oka je dvojvypuklá
- akomodace oka – zaostřování oka - ciliární sval více či méně napíná čočku a tím mění její optickou mohutnost
- hranice akomodace oka: blízký bod – nejbližší bod, který se ještě ostře zobrazí na sítnici daleký bod – nejvzdálenější bod, který se ještě ostře zobrazí na sítnici – pro normální oko je tento bod v nekonečnu, oko je bez akomodace
- **konvenční zraková vzdálenost d**– vzdálenost, z níž lze dlouho pozorovat předměty bez větší únavy (čtení, psaní apod.), je 25 cm od oka
- krátkozraké oko - obraz vzniká před sítnicí, opt. mohutnost oka je velká, blízký bod posunut blíže k oku, daleký bod je v konečné vzd. od oka - korekce vady – brýle s rozptylkami
- dalekozraké oko - obraz se tvoří za sítnicí, opt. mohutnost oka malá, blízký bod daleko od oka – korekce vady – brýle se spojkami

- duhovka … funguje jako clona (∅ 6 mm ve tmě – 2 mm na světle)
- tyčinky (citlivé na světlo), čípky (citlivé na barvu)

Citlivost sítnice je asi 10 000 x větší než citlivost foto emulze.

Zorný úhel τ



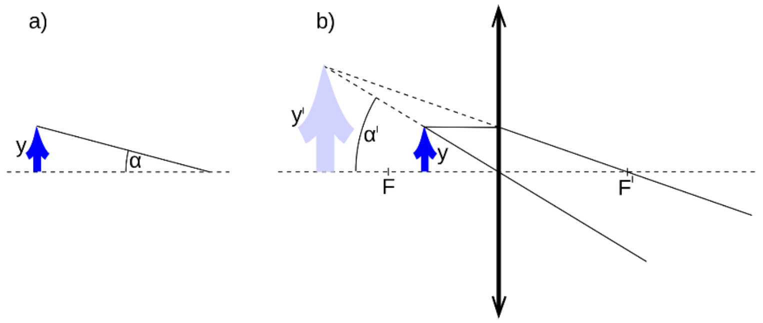
Oko rozliší dva body pro τ ≥ 1´
(jinak oba splynou v jeden bod)

Krátkodobý zrakový vjem se uchová po dobu 0,1 s (člověk je schopen odděleně postřehnout jevy, jež za sebou následují s časovým odstupem alespoň jedné desetiny sekundy … film pak běží jako plynulý děj … 25 obr/s

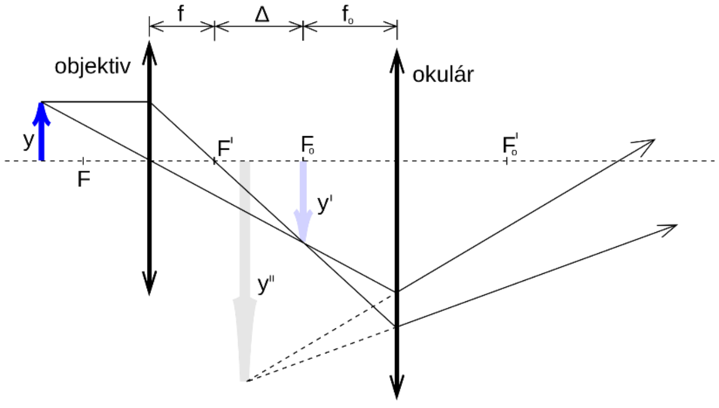
Vidění oběma očima umožní prostorové vnímání.

Jednoduché optické přístroje

1) Lupa
Jednoduchou lupu tvoří spojná čočka s ohniskovou vzdáleností menší než je konvenční zraková vzdálenost. Lupa vytváří zvětšený, virtuální a vzpřímený obraz.



2) Mikroskop
Mikroskop slouží k pozorování velmi malých předmětů umístěných v těsné blízkosti objektivu.
Jednoduchý mikroskop je složen ze dvou spojných čoček, které mají společnou optickou osu. Část mikroskopu, která je nazývána objektiv, má malou ohniskovou vzdálenost (řádově v milimetrech). Pozorovaný předmět se umisťuje blízko před předmětové ohnisko, takže vzniká skutečný, zvětšený a převrácený obraz. Tento obraz vzniká mezi druhou částí mikroskopu, tzv. okulárem, a jeho předmětovým ohniskem.
Vzniklý obraz pak pozorujeme okulárem podobně jako lupou, čímž získáváme další zvětšení. Ohnisková vzdálenost okuláru se pohybuje v řádech centimetrů. Obrazové ohnisko objektivu a předmětové ohnisko okuláru nesplývají, ale jsou od sebe vzdáleny o hodnotu optického intervalu Δ, jehož hodnota se u mikroskopu pohybuje mezi 15 cm a 20 cm.



3) Dalekohled

Příkladem jednoduchého dalekohledu může být tzv. hvězdářský (Keplerův) dalekohled.
Tento dalekohled je tvořen dvěma soustavami spojných čoček, které mají společnou optickou osu. Objektiv tohoto dalekohledu má velkou ohniskovou vzdálenost, ohnisková vzdálenost okuláru je malá.
Obrazové ohnisko objektivu splývá s předmětovým ohniskem okuláru.
Obraz velmi vzdáleného předmětu vytvořený objektivem se nachází v ohnisku okuláru, přičemž se jedná o obraz skutečný, zmenšený a převrácený. Tento obraz je pak pozorován okulárem jako lupou. Obraz však zůstává převrácený i po zvětšení okulárem, což je nevýhoda tohoto typu dalekohledu, která je však pro astronomická pozorování nepodstatná.
Pro jiná použití, kde by byl převrácený obraz na závadu, se používá modifikace tohoto dalekohledu, nazývaná triedr. V triedru je obraz převrácen zpět pomocí soustavy čtyř rovinných zrcadel, která obvykle tvoří stěny dvou skleněných hranolů.